

نواه صغيره ولامعه تمتد إلى ١٠٠ بارسك ويوجد في طيفها خطوط انبعاث عريضه. ومن عرض خطوط الانبعاث والإزاحة الدوبلريه لها (← ظاهرة دوبلر) يمكن إستنتاج درجات حرارة عاليه وسرعات تمتد كبيره لغاز النواه. ينبعث من مجرات زايبرت أيضا إشعاع راديوى، وإن كانت شدته غير ثابتة. وقد أمكن أيضا الإستدلال على تغيير في النطاق البصرى من طيف مجرات زايبرت. وتتفق الخصائص المميزه لهذه المجرات أساسا مع الأجسام الشبيهه بالنجوم لدرجة تجعل الإحتمال كبير أن تكون هذه المجرات عبارة عن حلقة وصل بين كل من المجموعات النجومية العادية من جهة والأجسام الشبيهه بالنجوم والمنايع الراديويه من جهة أخرى.

سميت مجرات زايبرت بهذا الإسم تبعاً للفلكى «زيفرت» الذى نبه إلى خصائص هذه المجموعات النجومية.

المجرات المتلاصقة

contact galaxies
galaxies en contact (pf)
Kontaktgalaxien (pf)

هى مجموعة من ← المجموعات النجومية الخارجيه.

مجرة

galaxy
galaxie (sf)
Galaxie (sf)

وجمعها مجرات. كانت تدل على ← سكة التبانة أما حديثا فتستخدم للدلالة أيضا على المجموعات النجومية الأخرى. وكلمة المجرة، معرفة، تعنى مجرة سكة التبانة غالبا.

المجرة الراديويه

radiogalaxy
radiogalaxie (sf)
Radiogalaxie (sf)

هى مجموعة نجومية خارجيه ذات إشعاع راديوى قوى جدا، ← منبع راديوى.

الإليكترونات فى خط الرؤية، وهى معروفه ولكن بطريقه غير دقيقه. كذلك فإن هذه القياسات تستنتج مجال مغناطيسى بين نجمى له نفس القدر. ومن المحتمل أن تكون المجالات المغناطيسيه البين نجميه ناشئه من الحركة الإضطرابيه للسحب الغازيه المتأينه، أى المكونه للبلازما؛ حيث تتسبب الاختلافات المحليه من درجة الحرارة وكثافة الإليكترونات فى مرور تيارات كهربائية على غرار ما يحدث على سبيل المثال عند تلامس مادتين مختلفتين أو كتيار حرارى فى حالة درجتى حرارة مختلفتين فى موصل. وهذه التيارات تتسبب بالتالى فى مجال مغناطيسى ضعيف. وخطوط المجال «متجمدة» فى البلازما، أى أنها تؤخذ مع حركة البلازما وفى أثناء ذلك يتغير شكلها وتُسحب فى الطول. ومثلا يحدث فى أثناء مد شريط مرن فإن ذلك يتطلب شغلا تتحول بموجبه طاقة الحركة إلى طاقة مغناطيسيه ويقوى بذلك المجال المغناطيسى. وتظل هذه التقويه حتى تتساوى الطاقة المغناطيسيه مع طاقة الحركة. ويحدث تجمد الخطوط المغناطيسيه من أن البلازما تتحرك سريعة نسبيا أما المجال المغناطيسى فيتحرك فقط ببطئ بتأثير البلازما. وفى حالة تمدد سريع للمجال المغناطيسى تنتج فى البلازما تيارات توصيل تعمل على إيقاف التغيير. وبذلك فإن الخطوط المغناطيسيه تؤخذ مع البلازما فى حركتها، لأنها لايمكنها الرجوع بسرعة كافيه إلى مكانها الأصيل.

المجرات الأقزام

dwarf galaxies
galaxies naines (pf)
Zwerggalaxien (pf)

تسميه يرمز بها إلى ← المجموعات النجومية الصغيره الموجوده خارج مجرة سكة التبانة.

مجرات زايبرت

seyfert galaxies
galaxies de Seyfert (pf)
Seyfertgalaxien (pf)

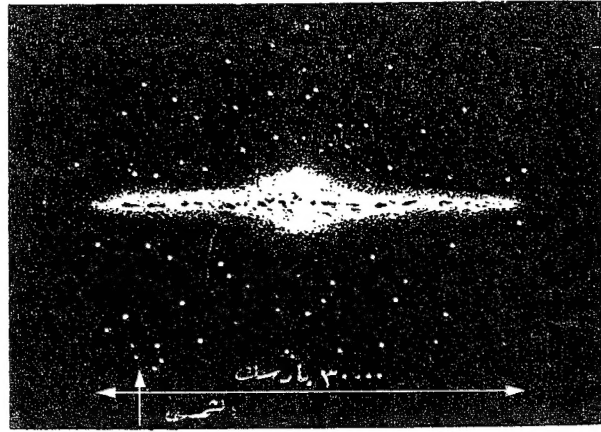
هى مجموعات نجومية غير مجريه (خارجيه) لها

مجرة سكة التبانة

milky way galaxy
voie lactée (sf)

Milchstrassensystem (sn)

مجموعة نجمية تنتمي إليها مجموعتنا الشمسية ومعها الأرض وحوالي ١٠٠ بليون نجم آخر وكذلك كميات كبيرة من مادة ما بين النجوم. ومن النجوم ما هو منفرد أو مزدوج وما هو عديد. كما أن النجوم تكون كذلك حشودا نجمية. جميع هذه الأجسام تكون ما يشبه قرص له نواه مركزية تزيد فيها كثافة النجوم عن مناطق الحافة. تبدو مجموعة سكة التبانة، كما نراها في الشكل، بالنسبة لمشاهد خارج المجموعة وذلك لو نظر إليها من الحافة (قارن بالمجموعات النجمية في اللوحة ١٥). وتلتوى الأجزاء الخارجية حول النواه مكونة أذرع لولبية تتكون من نجوم وحشود مجرية ومواد بين نجمية.



١ الشكل المتوقع لمجرة سكة التبانة بالنسبة لمشاهد يطل في اتجاه مستوى المجرة. وتقتل النقط الكبيرة حشوداً كروية بينما النقط الصغيرة المنعزلة تدل على نجوم RR السلياق.

وتتواجد الشمس وما يتبعها من الكواكب داخل مجرة سكة التبانة بالقرب من مستوى التناثر أو مستوى المجرة، ولكن إلى الخارج بعيداً عن النواه. وترى جميع النجوم من الأرض مسقطة على الكره السماوية، الشيء الذي يتسبب في ظاهرة سكة التبانة الضوئية المعروفة. (إسمى مجموعة سكة التبانة أو

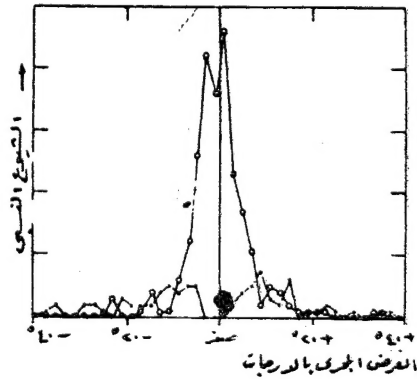
مجموعة الطريق اللبني أتباً من ظاهري سكة التبانة أو الطريق اللبني على التوالي).

إن البحث في الشكل والتركيب الداخلى للطريق اللبني معقد جداً لأن أى راصد على الأرض يوجد في داخل المجرة. علاوة على ذلك فإن هذا الراصد يرى فقط ١٥٪ من المجموعة بوضوح أما الأجزاء الباقية فهي مخفية خلف المادة الغير نجمية التي تمتص الضوء. لهذا فإن معلوماتنا عن مجرة الطريق اللبني ناقصة جداً والشيء المؤكد فيها هو فقط ما نعرفه عن المنطقة المجاورة للشمس. ومن سمات دراسة التركيبات الكبيرة أن النجوم والأجسام الأخرى مثل الحشود النجمية وسحب مادة ما بين النجوم لا تعتبر أجساماً قائمة بذاتها وإنما أعضاء في جماعة كبيرة، بحيث تنطبق عليها أساساً الطرق الإحصائية. لذلك فقد حصلنا على أهم النتائج من الإحصاء النجمي. وحديثاً زاد الفلك الراديوي والدراسات الفردية لأجسام معينة من معلوماتنا عن التركيب الحلزوني لمجرة الطريق اللبني بدرجة كبيرة وقد إتضح عموماً أن مجرتنا لها نفس البناء والتركيب مثل ← مجموعة نجمية من النوع Sb.

الجمهرات والأبعاد: يعتمد التوزيع الظاهري للنجوم في السماء من ناحية على توزيعها في الفضاء، ومن ناحية أخرى على مكان الرصد أى على مكان المجموعة الشمسية بما فيها الأرض، كنقطة الرصد في المجرة. ومن توزيع النجوم الظاهري في السماء فإننا نحاول إستنتاج توزيع النجوم في الفضاء ومكان الشمس في مجموعة سكة التبانة. وليست الأنواع المختلفة من النجوم موزعة بالتساوى في داخل الطريق اللبني وإنما يمكن في الغالب التحقق من أن أنواعاً معينة من النجوم، مثل أنواع طيفية بذاتها، أكثر شيوعاً في مناطق معينة من سكة التبانة، بينما هي أقل شيوعاً في مناطق أخرى. وتقسّم الأجسام التي توجد في مناطق محددة جداً من الطريق اللبني - كما توجد في مناطق مناظرة تماماً في المجموعات النجمية الأخرى -

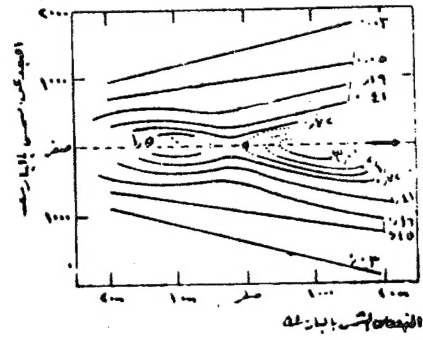
النجمية حيث يمكن أن نجد أجسام من جمهرة الهالة والجمهرات الأخرى بالقرب من مستوى المجرة .

ليست مادة ما بين النجوم بشكلها الغازي والترابي موزعة بانتظام في مجرة الطريق اللبني وإنما يزيد تركيزها في إتجاه مستوى المجرة مثل نجوم O ، أى أنها تنتمي بذلك إلى الجمهرة الأولى المتطرفة . ويبدو الجزء الترابي من هذه المادة واضحاً فيما نراه بالعين المجردة من مناطق خالية من النجوم في العروض المجرية المنخفضة وكذلك في التقسيم الظاهري لحزام الطريق اللبني إلى قسمين خلال كوكبات الدجاجة والعقاب والحويه والقوس ، حيث أن المادة الترابية تمتص الضوء القادم من خلفها . ويأتى كذلك ما هو واضح في الشكل ٢ من نقص عدد الحشود الكروية والمفتوحة بالقرب من خط إستواء المجرة نتيجة للإمتصاص الذى تحدثه مادة ما بين النجوم تماماً مثل غياب المجموعات النجمية الخارجيه في ← المناطق الخالية من السدم . يعد الهيدروجين أكثر العناصر شيوعاً في مادة ما بين النجوم . وهو بالقرب من النجوم الساخنة (نجوم O أو Bo حتى B₂) في حالة متأينه . وسحب هذا الغاز المتأين (مناطق HII) تقع في كل من النطاق



٢ توزيع كل من الحشود الكروية (.) والمفتوحة (O) مع العرض المجرى . ويلاحظ أن الحشود الكروية موزعة بدرجة متساوية تقريباً على العروض المجرية المختلفة بينما تتراحم الحشود المفتوحة أكثر قريباً من مستوى المجرة .

إلى جمهرات . ومن دراسة نجوم النوع الطيفي O وكذلك تجمعات O فإننا نجد أن هذه الأجسام توجد ، وبدون شذوذ ، مباشرة بالقرب من مستوى تماثل المجرة . وتتركز كل من متغيرات دلتا قيفاوى والحشود النجمية المفتوحة وكذلك نجوم فوق العملاقة بدرجة مماثلة بالنسبة لمستوى تماثل المجرة . كل هذه النجوم تتميز بانتمائها إلى الجمهرة الأولى المتطرفة . أما نجوم النوع الطيفي A التى تنتمي إلى الجمهرة الأولى الأكبر سناً فتوجد على أبعاد أكبر من مستوى تماثل المجرة عن نجوم النوع الطيفي O . يبدو ذلك جلياً في التوزيع الظاهري للنجوم على القبة السماوية حيث نجوم A لها في المتوسط عرض مجرى أكبر من نجوم O ، إلا أن نجوم A لازالت تحتشد أيضاً في العروض المجرية الدنيا ويقل عددها بسرعة في إتجاه قطب المجرة . وعلى كل فإن نجوم A موزعة على منطقة أكبر من منطقة توزيع نجوم O ، ومن هنا فإن نجوم A تمثل مجالاً أكبر للبحث في الطريق اللبني عن نجوم O . هناك أيضاً جمهرة القرص الفرعية مجموعة أكثر إتساعاً يمتدى إليها كل من السدم الكوكبية والنجوم المتجددة (النوفا) ونجوم RR - السلياق ذات التغير الضوئى الأقصر من ٠.٤ يوم وكذلك الجزء الأكبر من نجوم F إلى M . كما تنضم الجمهرة الفرعية كذلك الجزء الرئيسى من النجوم في نواة المجرة . أما الجزء الآخر من مجموعة سكة التبانة فيتكون من الحشود الكروية ونجوم RR السلياق ذات طول دوره الأكبر من ٠.٤ يوم . هذا الجزء كروى الشكل تقريباً في شكله الخارجى كما أنه يحيط على شكل هالة بالمجرة الأساسية التى تحدد ملامحها بجمهرة القرص . لهذا السبب فإن الجمهرة الثانية المتطرفة ، التى تضم كلا من الحشود الكروية ونجوم RR السلياق تسمى أيضاً جمهرة الهالة . ولأجسام جمهرة الهالة تركيز أقل بالنسبة لمستوى المجرة وعليه فإننا نجد أجسام هذا النوع موزعة تقريباً بانتظام في جميع العروض المجرية . وتتداخل الجمهرات



٣ مقطع عمودي على مستوى المجرة ماراً بكل من الشمس (O) ومركز المجرة. وتغطي الأعداد على المخطوط المتساوية في الكثافة النجمية تلك الكثافة مقدرة بوحدها في المنطقة القريبة من الشمس. ويشير السهم إلى اتجاه مركز سكة التبانة.

الكبير. وهذه الاختلافات في كثافة النجوم يمكن أن تأتي نتيجة لوجود الأذرع الحلزونية.

يبلغ سمك حزام الطريق اللبني، والذي يتحدد بأفراد الجبهة الأولى وجمهرة القرص، حوالي ٥٠٠٠٠ بارسك. ونحصل على قطر سكة التبانة في مستوى المجرة بتعيين مسافات الأجسام المختلفة من الشمس في جميع الاتجاهات. ويتضح أن المجموعات الفرعية من الجبهة الأولى وكذلك جمهرة القرص لها نفس الإمتداد؛ ويبلغ القطر في هذا المستوى حوالي ٣٠٠٠٠ بارسك كما يبلغ قطر جمهرة الهالة ٥٠٠٠٠ بارسك.

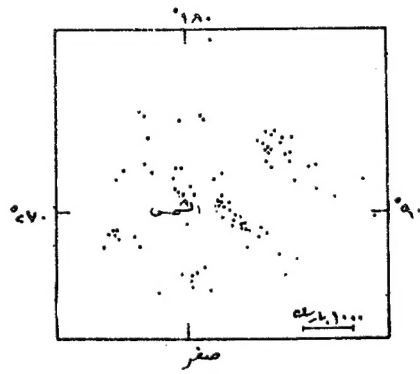
لا توجد الشمس في مستوى المجرة تماماً. يتضح ذلك من أن عدد النجوم في العروض الجغرافية الجنوبية أكبر بوضوح، خصوصاً بالنسبة للجمهرة الأولى المتطرفة، عما هو عليه في العروض الشمالية، من مثل هذا التعداد النجمي وجد أن الشمس تقع على بعد حوالي ١٥ بارسك شمال مستوى المجرة. كذلك لا توجد الشمس في مركز المجرة ولا حتى بالقرب منه وإنما بعيداً إلى الخارج. ومن التوزيع الظاهري للأجسام المختلفة في مجرة الطريق اللبني يتبع أن مسافة الشمس تبلغ حوالي ١٠ ٠٠٠ بارسك من مركز المجرة.

البصري والراديو وذلك يمكن إكتشافها. أما مناطق الهيدروجين المتعادل (مناطق HI) فيمكن الإحساس بها في النطاق البصري من الطيف وذلك بما تحدثه من امتصاص إضافي في ضوء النجوم خلال طريقة إلينا. وفي النطاق الراديو ترسل مناطق HI خط إنبعاث بطول موجة حوالي ٢١ سم. وهذا الخط عظيم الأهمية وخصوصاً في دراسة الأذرع اللولبية لمجرة الطريق اللبني (انظر بعده).

بالتحقيق في اعتماد عدد النجوم في وحدة المساحة على الطول المجري نجد أن هناك إحتشاداً منتظم (لكل أنواع النجوم) في اتجاه كوكبات الترس والقوس والعقرب بينما في الاتجاه المضاد يوجد عدد أقل من النجوم بدرجة واضحة والعدد الكبير من النجوم في اتجاه الأطوال المجريه ٣° ، ٢٠° (بقيمة متوسطة صفر°)، يأتي من وجود نواة المجرة، التي تتميز بكثافة نجمية كبيرة في هذا الاتجاه. وبالنسبة لراصد فوق سطح الأرض فإن مركز مجرة سكة التبانة غير ممكن الرؤية، حيث تتجمع سحب دافكه وكبيرة في هذا الاتجاه. ويمكن فقط دراسة هذه النواة بالإرصاد في الموجات تحت الحمراء متطرفة الطول.

يمكن الحصول على تركيب الطريق اللبني بالقرب من الشمس وذلك برسم كثافة النجوم في جميع الأنواع الطيفية مع البعد عن الشمس ثم نوصل جميع النقاط ذات الكثافات المتساوية، فنحصل بذلك من الشكل على سطوح متساوية الكثافة. ويمثل شكل ٣ قطاعاً خلال مجموعة السطوح عمودى على مستوى الطريق اللبني وفيه تم تمييز كل من موقع الشمس واتجاه مركز المجرة. يتضح من الشكل الإخفاء الحادث في الطريق اللبني ناحية المركز وكذلك تماثل المجموعة بالنسبة لمستوى الطريق اللبني. ونرى أيضاً التشويه الحادث في السطوح متساوية الكثافة عند المسافات البسيطة من مستوى الطريق اللبني، الشيء الذي يؤدي إلى إستنتاج وجود تأرجحات في الكثافة على المستوى

أرصاد المجموعات النجمية الخارجية أساسا بكثرة مادة ما بين النجوم وكل من نجوم O ، و تجمعات B والحشود النجمية المفتوحة . لقد ظل من الصعب الحصول على دليل قاطع على وجود الأذرع الحلزونية إلى أن أصبح ذلك ممكنا على أساس الأرصاد في الطول الموجي الراديوي ٢١ سم . ويوضح شكل ٥ نتائج هذه الدراسات ، وفيه تتضح أماكن الأذرع ، كما تنتج من توزيع مناطق HII من الجدير بالذكر أنه أمكن تتبع الأذرع حتى بعد ١٨٠٠٠ بارسك من الشمس ويحتمل أن لا تكون الشمس واقعة مباشرة في أحد الأذرع الحلزونية ، وإنما على حافة أحد الفروع الواصلة بين ذراعين متجاورين (أعتبر هذا الفرع دائما حتى الآن على أنه ذراع خاص سمي بذراع الجبار وذلك بإسم ما يوجد به من تجمعات O التي تُرى في برج الجبار) . والذراع الذي يلي ذلك إلى الخارج يبعد حوالي ٢٠٠٠ بارسك ويسمى بذراع فرساوس ثم يليه ذراع



٤ توزيع كل من الحشود المجرية الحديثة ومناطق HII حول الشمس .

الأذرع الحلزونية : يمكن من دراسة توزيع مناطق الهيدروجين المتأين (مناطق HII) وتجمعات O والحشود المفتوحة الضبابية وكذلك نجوم النوعين المتقدمين O ، B إستنتاج تركيب دقيق بالقرب من الشمس يجعلنا نعتقد بوجود أذرع حلزونية . وتتميز الأذرع الحلزونية ، كما يتضح من



٥ التركيب اللولبي لسكة التبانة كما تم استنتاجه من الأرصاد الراديوية .

القوس . ويصل بين هذين الذراعين الفرع الذي يوجد به الشمس . ويتضح أيضا من الأرصاد الراديوية أن الأذرع اللولبية ليست دائما في مستوى المجرة بل ترتفع بأجزاء قد تكون كبيرة عند نهايتها فوق هذا المستوى . ونستنتج من دوران مجرة الطريق اللبني أن مجموعتنا النجمية تتحرك على شكل عجلة نارية (الشكل ← المجموعات النجمية) ، أى أن النواه تجر خلفها الأذرع الحلزونية .

يرجع السبب في إمكانية إثبات التركيب الحلزوني بمساعدة الخط الراديوي ٢١ سم المنبعث من ذرات الهيدروجين المتعادلة أولا إلى أن مناطق HI التي تبعث بهذا الإشعاع تنتمي إلى التركيب الحلزوني أى إلى مجموعة الطريق اللبني ، وثانيا لأن الإشعاع الراديوي يمر بدون عائق تقريبا خلال غبار ما بين النجوم ، أى يمكن الرصد بواسطته في المناطق التي لا تستطيع الأرصاد البصرية النفاذ فيها . وهناك ميزة أخرى وهي أن الأرصاد الراديوية تتم على خط طينى بذاته يمكن عن طريقه تحديد السرعة الخطية لمناطق HI بمساعدة ظاهرة دوبلر . وحتى يمكن حقيقه تحديد التركيب الحلزوني للمجرة ، لابد ، بعد الأرصاد المناسبة ، من عمل نموذج لدوران الطريق اللبني . في هذا النموذج تأخذ كل نقطة سرعة خطية محددة بدقة بالنسبة للشمس . ومن السرعة الخطية للخط ٢١ سم يمكن تحديد المكان الذى ينبعث منه هذا الخط . (يمكن اعتبار سرعات السحب المنفصلة صغيرة بالنسبة للسرعة المنتظمة الناتجة من دوران الطريق اللبني) . كذلك يمكن تحديد كثافة غاز الهيدروجين عند هذا المكان من شدة الإشعاع . إلا أن هذه الطريقة ليست واضحة الدلالة في الجزء الداخلى من مجرة الطريق اللبني ، وذلك نظرا لوجود نقطتين في كل إتجاه لهما نفس السرعة الخطية . في هذه الحالة تُستخدم خواص أخرى لتحديد المكان .

بالإضافة إلى الأذرع الحلزونية السابق ذكرها فقد

تم اكتشاف ذراع على بعد حوالى ٣٠٠٠ بارسك . ومما يميز ذراع الثلاث آلاف بارسك هذا أن ما فيه من مادة ما بين النجوم يجرى إلى الخارج بعيدا عن المركز بسرعة حوالى ٥٠ كم/ث . وتتراكم هذه السرعة الخطية على سرعة دوران قدرها ٢٠٠ كم/ث تقريبا . والقطعة المقابلة للذراع الثلاث آلاف بارسك على الناحية الأخرى من مركز سكة التبانة لها سرعة تمدد تبلغ حوالى ١٠٠ كم/ث .

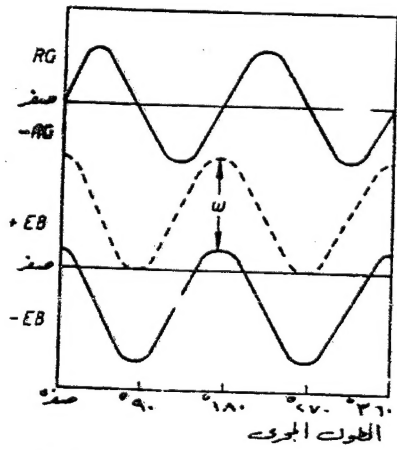
يصطدم التعليل النظرى للأذرع الحلزونية بصعوبات ، إذ لابد من شرح كيفية بقاء الأذرع الحلزونية لفترة طويلة على الأقل لمدة دورات عديدة للنجوم حول مركز المجرة ؛ فنتيجة للدوران التفاوتى (إنظر بعده) للطريق اللبني وفي عدم وجود مؤثرات أخرى ، كان من الممكن أن يحدث مرة واحدة (بطريق الصدفة) تركيب حلزوني يتفكك تماما بعد وقت قصير . وقد ساد الاعتقاد قديما بأن مجال مغناطيسى موجود في مادة ما بين النجوم هو المسئول عن الأذرع الحلزونية . إلا أنه إتضح بعد ذلك أن شدة المجال أقل بكثير عما يلزم لذلك . والنظرية التي يمكن على أساسها تعليل الأذرع الحلزونية لمجرة الطريق اللبني تنطلق من فحص مجال الجاذبية على المستوى الكبير في المجرة . تبعا لتلك النظرية تجرى في مستوى المجرة موجه اضطرابيه في مجال جاذبية الطريق اللبني . والسرعة الزاوية لهذا الاضطراب أصغر من السرعة الزاوية للمادة التي تدور ، أى للنجوم والمادة التي بينها . وتسبق المادة الدائرة في أثناء حركتها الموجه الاضطرابيه عاملة أولا على اسراعها ثم بعد ذلك على فرملتها الشئ الذى يؤدي إلى تخزين بالقرب من الاضطراب له شكل حلزوني مثل الاضطراب نفسه . وترداد كثافة المادة غير التجمعة في منطقة التخزين مما يساعد على تكوين النجوم . إن أهم ما يميز الأذرع الحلزونية هو كل من النجوم البعيدة من الجبهة الأولى المتطرفة والمادة الغير نجمية نفسها . وكما توضح النظرية أيضا فإن الاضطراب المذكور يبقى لفترة زمنية

طويله في الطريق اللبني ، بحيث يمكن عن طريقه تفسير الأذرع الحلزونية .

نواة مجموعة سكة التبانة : في المناطق المركزية من الطريق اللبني تم رصد تجمع من الهيدروجين الغير نجمي المتعادل ، يبلغ قطره في مستوى الطريق اللبني حوالي ٦٠٠ بارسك ، ويدور بسرعة عالية ، تصل عند الحافة إلى حوالي ٢٠٠ كم/ث . في هذا الهيدروجين المتعادل توجد مناطق هيدروجين متأين متناثرة . علاوة على ذلك توجد مناطق تتميز بامتصاص عال لخطوط OH الغير نجمية . وفي مركز قرص الهيدروجين المتعادل يوجد المنبع الراديوي الشديد القوس والرامي A- ، الذي يُعتبر مكانه مركزا لمجموعة سكة التبانة . بالإضافة إلى ذلك تم رصد منبع تحت أحمر مضغوط جدا ويقدر قطره بحوالي ١٠ بارسك . ويوجد في مركز هذا المنبع نواة لامعة قطرها حوالي ١.٥ بارسك فقط . ويسود الزعم بأن المنبع تحت الأحمر عبارة عن تجمع من النجوم تقدر كتلته بحوالي ٣٠ مليون مره قدر كتلة الشمس . لو صح ذلك فإن المنطقة المركزية للطريق اللبني يكون لها تركيب مماثل لسديم المراه المسلسله الذي يوجد به تركيز كبير من النجوم في المركز .

الدوران : تدور نجوم سكة التبانة في حركة منتظمة حول مركز المجموعة ونستنتج سرعة دوران النجوم وإعتماد هذه السرعة على البعد من مركز المجموعة من الدراسات الإحصائية لظروف حركة النجوم في الطريق اللبني . وقد إتضح بالنسبة لنجوم المنطقة القريبة من الشمس أن كلا من الحركات الذاتية والسرعات الخطية ، الغير متأثرتين بحركة الشمس الشاذة تتغيران مع الطول الجري . فإذا ما رسمنا السرعات الخطية والحركات الذاتية مع الطول فإننا نحصل على موجة مزدوجة . في اتجاه مركز المجرة والإتجاه المضاد له وكذلك في الإتجاهين العموديين عليهما نجد أن السرعات الخطية صفر . وبين هذه

الاتجاهات تتغير السرعات بين قيم صغرى وقيم قصوى . ونفس الشيء تعكسه الحركة الذاتية ، لكننا نجد فقط أن القيم القصوى مزاحة بمقدار ٥° وأن المنحنى ليس منتظما بالنسبة للصفر ، حيث تغلب القيم السالبة ، أى أن الحركة الذاتية تسير أساسا في إتجاه الطول الجري الصغير . يرجع السبب في هذه الموجة المزدوجة إلى الدوران التفاوتي للطريق اللبني . فمثل ما هو الحال في مجموعة الكواكب نجد أن الأجسام الخارجيه تدور حول الجسم الرئيسي ، الذى هو هنا عبارة عن نواة سكة التبانة ، وذلك بسرعات أقل عن سرعات الأجسام الموجوده إلى الداخل . أى أن السرعة الزاويه في كل المجموعة تقل مع زيادة البعد عن المركز . ولو أن الدوران عبارة عن دوران جسم صلب ، كمجمله عربيه مثلا ، لكانت السرعة الزاوية ثابتة في كل المجموعة ، في الشكل ٧ نرى ، بالنسبة لثمان نجوم موجوده في المنطقه القريبه من الشمس ، سرعة الدوران مرسومة بأقواس رفيعة . وحتى يمكن المقارنه بالأرصاد لابد أن ننسب هذه الحركات إلى الشمس ، التى يفترض أنها ثابتة ، أى لابد من إستخراج حركة الشمس (بالموجّهات) من حركات النجوم . والنتيجه هى الأقواس الثقيله في الرسم ،



٦ الشكل الموجي المزدوج للسرعة الخطية RG والحركة الخاصة EB . في المنحنى المشرط لم يتم أخذ السرعة الزاوية ω للشمس حول مركز المجرة في الاعتبار .

حيث

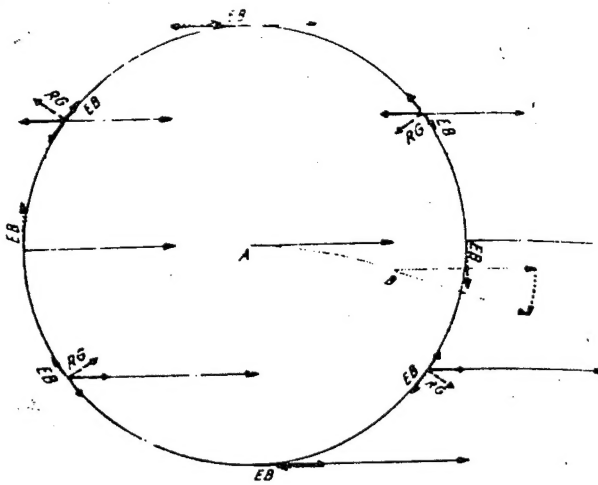
$$A = 10 \text{ كم/ث. ك بارسك}^{-1} = B, \\ - 10 \text{ كم/ث. ك بارسك}^{-1}.$$

(EB هي مركبة الحركة الذاتية في اتجاه الطول المجري، في حالة العرض المجري للنجم صفر) بمساعدة معادلات الدوران المحلي يمكن تعيين أبعاد الأجسام من السرعات الخطية أو الحركات الذاتية المرصودة تستعمل هذه الطريقة على سبيل المثال في تحديد مسافات مناطق HI وكذلك في إستنتاج التركيب الحلزوني لأن المادة الغير نجمية تشارك أيضا في الدوران العام للطريق اللبني.

من دراسات العلاقة بين الحركة الذاتية للنجوم مع الطول المجري يمكن تعيين السرعة الزاوية للشمس أثناء حركتها حول نواة المجموعة ومنها ومن مسافة الشمس عن مركز الطريق اللبني نستنتج السرعة الخطية للشمس. وتقدر السرعة الخطية للشمس بحوالى ٢٥٠ كم/ث. كذلك فإنه يمكننا الحصول على الوقت الذى تحتاجه الشمس لعمل دوره حول المجموعة وهو حوالى ٢٥٠ مليون سنة.

من الفترة الزمنية لدوران الشمس حول مركز الطريق اللبني يمكننا عن طريق قانون كبلر الثالث تحديد الكتلة على وجه التقريب، الموجوده داخل مركزها هو مركز مجموعة الطريق اللبني ولها نصف قطر يساوى البعد بين المركز والشمس. يوجد الجزء الرئيسى لهذه المادة في نواة المجموعة. وبالنسبة للكتلة الكلية للمجموعة فإننا نستنتج حوالى ٢٣٠ بليون مجموعة شمسية منها ٢٠٪ مادة غير نجمية، كما يتضح من الأرصاد الراديوية في الطول الموجى ٢١ سم لغاز الهيدروجين المتعادل. وتبلغ الكثافة المتوسطة حول الشمس حوالى ١٥. تقريبا قدر كتلة الشمس لكل بارسك مكعب أو ١٠^{٣٣} جم/سم^٣.

حركات الحشود النجمية المنفردة: تتراكم حركة الدوران العامه حول مجموعة سكة التبانة فوق



٧ تأثير الدوران التفاوت لسكة التبانة على الحركة الخاصة EB والسرعة الخطية RG للنجوم في المنطقة القريبة من الشمس.

التي حُلَّت إلى مركبتها: السرعات الخطية (في اتجاه الشمس) والحركة الذاتية (عمودية على ذلك). ومن السرعات الخطية نرى الموجة المزدوجة بأصفارها الأربعة في الاتجاهات المدرجة وكذلك القيم الصغرى التى بينها. ولا يمكن حتى الآن مقارنة الحركة الذاتية مباشرة بمنحنى الشكل ٦، وذلك لأن الحركة الذاتية اعتبرت حتى الآن خطية. فى أثناء دوران الشمس حول مركز المجرة يحدث دوران لنظام الإحداثيات الذى ننسب إليه الموجة المزدوجة لأنه لابد أن تشير أحد الإحداثيات إلى مركز المجرة. يظهر دوران الإحداثيات هذا فى الأرصاد خلال حركة ذاتية إضافية فى الاتجاه السالب (السهم ثقبيل التنقيط). وإذا ما طرحنا الحركة الإضافية، التى تمثلها حركة الشمس حول مركز المجرة من مركبة الحركة الذاتية الناشئة من الدوران التفاوت فإننا نحصل بذلك على الحركة الذاتية الباقية تماما كما هى فى منحنى الشكل ٦. يمكن إعطاء العلاقة بين السرعة الخطية RG والحركة الذاتية EB على الطول المجري l للنجم المصدر وكذلك على بعده من الشمس فى

$$RG = A. r. \sin 2l \\ EB = A. r. \cos 2l + B. r$$

الصورة.

الحركات الفردية (الحركات الشاذة) للنجوم بذاتها أو للمجموعات النجمية. فعلى سبيل المثال نجد أن للشمس سرعة شاذة بالنسبة للمجموعة المحيطة بها من النجوم. ونحس بذلك من أن النجوم جميعا لها سرعة ذاتية إتجاهها معاكس لاتجاه مستقر الشمس لكن لها نفس القيمة الظاهرية. وفي الإتجاه المضاد للرأس نجد أن للسرعة الخطية حدين قصوين (ولكن بإشارات مختلفة) بينما تصبح قيمة الحركة الذاتية صفر. يظهر ذلك كما لو كانت جميع النجوم قادمة من الرأس ومارة في سبجها بالشمس. وتعتمد قيمة السرعة التي تتحرك بها الشمس على النجوم المختارة لهذا الغرض. فإذا ما أخذنا في الاعتبار كل النجوم حتى اللمعان الظاهري من القدر ١٢، لتقاربت الشمس بسرعة قدرها ١٩٥ كم/ث في إتجاه النجم إكراي الجاني. كما أن مدار الشمس يميل بحوالى ٢٢° على مستوى الطريق اللبنى. أما إذا كنا يصدد تعيين السرعة الشاذة للشمس بالنسبة لمجموعة أخرى من النجوم، وأخذنا على سبيل المثال نجوما لها نفس النوع الطيفي، لحصلنا على قيا أخرى لسرعة وإتجاه حركة الشمس. إن ذلك لا يمكن أن يكون راجعا لحركة الشمس لأن هذه الحركة محده في الفضاء بدرجة واضحة الدلالة. ويمكن أن يكون السبب في ذلك فقط راجعا إلى أن النجوم ذات الخصائص الطبيعية الواحدة تتحرك شبيه ببعضها البعض ولكنها تختلف في حركتها عن أنواع النجوم الأخرى من هنا فإن مجموعات النجوم المختلفة تدور حول مركز الطريق اللبنى بسرعات متفاوتة. ولنجوم الهالة سرعات أكبر بالنسبة للشمس، فعلى سبيل المثال تتحرك الحشود الكروية بسرعات حوالى ٢٠٠ كم/ث؛ تحت الأقزام ١٥٣ كم/ث؛ RR السلياق ١٣٠ كم/ث. وتأتى هذه السرعات النسبية العالية من أن الشمس تدور حول مركز المجرة أسرع من تلك النجوم؛ أى أن النجوم المذكورة تتباعد خلف الشمس. وأصغر سرعة بالنسبة للشمس هي لنجوم الأنواع الطيفية المتقدمة من أمثال

نجوم BO حتى B5 التي تتحرك بسرعة حوالى ٢٠ كم/ث؛ و B8 حتى A2 التي تتحرك بسرعة حوالى ١٦ كم/ث. ويرجع عدم تساوى السرعات في الفضاء إلى أن المجموعات المختلفة من النجوم نشأت في أوقات مختلفة في الطريق اللبنى، وأن السرعات لم تتساوى بعد حتى الآن.

إذا ما درسنا إتجاه حركة النجوم لأتضح وجود إتجاهات مفضلة نحصل عليها عندما نرسم من نقطة ما موجهاً تعطى إتجاهات حركة النجوم كما تبين أطوالها نسبة ما يتحرك في هذا الإتجاه من نجوم. في حالة تساوى توزيع الإتجاهات فإننا نحصل على كره كحدود لنقط الموجهاً.

وفي الحقيقة فإننا نحصل على مجسم سرعة يشير المحور الأكبر فيه إلى إتجاه مركز المجرة والإتجاه المضاد لذلك. ومن بين النجوم القريبة من الشمس تتحرك نجوم أكثر في إتجاه المركز والإتجاه المضاد عما يتحرك من نجوم في الإتجاه العمودى على الإتجاه الأول (النسبة ٢ : ١ تقريبا)، والجزء القليل جدا من النجوم يتحرك إلى خارج مستوى المجرة. وهذا الجزء الأخير سهل الفهم إذ أن النجوم يتم اجتذابها بواسطة المجال الشديد لجاذبية المادة المتمركزة في مستوى المجرة. أما الإتجاهات المفضلة ناحية المركز والناحية المضادة فيمكن تعليلها بأن النجوم لا تتحرك في مدارات كروية دائما وإنما قطاعات ناقصه وبذلك فإن الإحتمال كبير أن يكون لها مركبة في إتجاه المركز أو الإتجاه المضاد له.

يحتمل وجود مجال مغناطيسى على المستوى الكبير في مجموعة سكة التبانة، تسير خطوطه أساسا، بغض النظر عن عدم تجانسات محليه، موازية للأذرع الحلزونية. وشدة هذا المجال ليست كبيرة وتقدر بوضع ٦٠-٦٠ جاوس، إلا أنها كافية لتوجيه الجسيمات الترابية من مادة ما بين النجوم وكذلك للاحتفاظ بجسيمات الأشعة الكونية منخفضة الطاقة في المجرة. ولا يزال الدور الذى يلعبه المجال المغناطيسى في ديناميكية الغاز